



ELSEVIER

Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

SCIENCE @ DIRECT®

C. R. Biologies 327 (2004) 1125–1141



<http://france.elsevier.com/direct/CRASS3/>

Épidémiologie / Epidemiology

# Épidémiologie et canicules : analyses de la vague de chaleur 2003 en France

Alain-Jacques Valleron \*, Ariane Boumendil

Unité de recherches « Épidémiologie et Sciences de l'information » (Inserm U444 et université Pierre et Marie Curie),  
hôpital Saint-Antoine, 184, rue du Faubourg-Saint-Antoine, 75571 Paris cedex 12, France

Reçu le 13 septembre 2004 ; accepté le 14 septembre 2004

Présenté par Jean Rosa

---

## Résumé

Le nombre de morts en excès au cours de la canicule 2003 en France a été estimé à environ 15 000. Il s'agit d'un événement exceptionnel, en France et ailleurs. Il est cependant frappant de constater que, durant les mois d'hiver, des surmortalités semblables sont régulièrement observées, touchant les mêmes tranches d'âge, mais soulevant jusqu'ici peu d'intérêt public. Ce papier souligne aussi les difficultés de l'épidémiologie d'un tel événement, et la faiblesse des sources d'information. Cependant, l'examen des données disponibles indique que les personnes décédées étaient déjà fragiles depuis plusieurs mois, et que leur mort a été avancée de cinq à huit mois, et non de quelques jours. **Pour citer cet article : A.-J. Valleron, A. Boumendil, C. R. Biologies 327 (2004).**

© 2004 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

## Abstract

**Epidemiology and heat waves: analysis of the 2003 episode in France.** The heat wave that struck France in 2003 has been accompanied with an estimated 15 000 excess deaths. This paper stresses the difficulties of the epidemiology of such an event. The relevant clinical and biological information is incomplete or even inaccessible and many of the deaths are due to multiple factors. The data presently available indicate that the deaths occurred in persons already vulnerable, and that the heat wave caused a five- to eight-month loss of lifetime for the affected individuals. There is a noteworthy similarity between the profiles of this exceptional summer mortality surge, and those of many past winters when similar or larger excess mortalities have occurred without as yet eliciting much public attention. **To cite this article : A.-J. Valleron, A. Boumendil, C. R. Biologies 327 (2004).**

© 2004 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

*Mots-clés* : épidémiologie ; vague de chaleur ; mortalité ; effet de moisson ; grippe

*Keywords* : epidemiology ; heat wave ; mortality ; harvesting ; influenza

---

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [alain-jacques.valleron@sat.ap-hop-paris.fr](mailto:alain-jacques.valleron@sat.ap-hop-paris.fr) (A.-J. Valleron).

## Abridged English version

### 1. Introduction

During the month of August 2003, Europe experienced an exceptionally severe heat wave. In France, all previous temperatures, on record since the end of the 19th century were largely exceeded. The number of 'excess' deaths, i.e., deaths beyond that month's expectancy, has been estimated to roughly 15 000 (against a base value in the order of 50 000). Intense public and media emotion led to several reports probing the size and characteristics of the death toll, what was felt as a poor response of the French health system, and to suggest remedies for the future. These detailed reports available in print and on the Internet have provided much of the background information for the present paper. In it, however, we attempt to draw our own perception of the epidemiological and societal issues revealed by this drama. We first review the scientific literature for relevant information available at the time of the heat wave. Next we summarize the main characteristics of these excess deaths illustrating the many epidemiological difficulties encountered in investigating this type of event. Using publicly available mortality statistics and to broaden the perspective to other causes of excess deaths, we search for previous months with high excess mortality. Finally, we examine the 'harvesting' hypothesis that draw some social polemics at the time, as it was seen by some as a way to downgrade the significance of a public health drama.

### 2. What was known before the 2003 heat wave?

Several heat waves with important death tolls were described in the past. The only one comparable in number of associated deaths is reported to have occurred in Beijing in 1749. The 1995 Chicago heat-wave, with approximately 700 deaths, was particularly studied, from both epidemiological and sociological point of view. Several case control studies demonstrated the existence of risk factors contributing to death during heat waves: a large proportion of victims were found to be elderly, socially isolated, and with low income. Medical factors included cardiovascular or cardiorespiratory conditions. Mental impairments were also found associated, possibly because

these subjects were less prone to take appropriate precautions. Preventive measures were found effective, such as having access to air-conditioned space for at least several hours in the day. In contrast, other common devices such as the use of a ventilator were not found effective. Some medications were found to increase risk including diuretics and some psychoactive prescriptions, leading to recommending discontinuing treatments during heat waves. Ironically, in 2002, one year before the drama, several papers were published in well-read journals (one of them in French), covering the prevention of deaths during heat waves. This is one more example where epidemiological knowledge is not readily translated in public action. It appears unfortunately that the experience of a disaster is needed to trigger this public action.

### 3. Some characteristics of the excess deaths observed during the French heat wave and comparison with the winter excess deaths

The ratio of excess deaths increased with age, sharply after 50. The number of deaths was multiplied by 2.2 in women aged 95 and more, and 2 in men. Persons more than 75 accounted for 82.5% of the total excess. The mortality excess measured by comparison with the means of the last three years was 70% in women, versus 40% in men. It was much larger in the Paris area (+141%) than elsewhere (+40%). The numbers of excess deaths did not reflect the geography of heat, as there was relatively few excess deaths in the South of France as compared to the Paris area. Pollutions peak, especially of ozone, occurred during the heat wave, but there is no obvious correlation between the places having experienced high pollution levels, and those with high excess mortality.

We have evaluated to which extent the August 2003 excess mortality was exceptional by redoing the very simple computations done in the official report devoted to the estimation of the excess of deaths. We used the total mortality data publicly available on the Web concerning the 12 months of all years between 1946 and 2003. First we find again that the August 2003 excess mortality was exceptional by comparison to all past years: if we consider the 55 months of June of the studied period, just four had an excess mortality of more than 2000 deaths. The corresponding figures are nine for July, four for August,

and four for September. The biggest event was in 1976 with an excess deaths number that can be estimated to 5500, followed by 1994 with 4700 cases. By contrast, huge excess mortalities are frequent during the winter months and passed largely unnoticed in the public, as if the death in winter was well accepted. For instance, at least 10 out of 55 of each of the months of December, January, February, and March experienced excess mortalities of more than 2000 deaths. During six months of December, nine of January, nine of February, seven of March, the excess deaths were more than 5000. Some excess death numbers observed in winter were dramatic: 25 000 excess deaths in December 1969, and 33 000 in January–February 1949. The occurrence of these excess deaths is well known to be strongly correlated to the presence of influenza epidemics. However, the causative process is as difficult to establish than in the case of the deaths during the heat wave. Most dead persons were aged, with multiple pathologies and the cause of their death is certainly not simple to determine, nor by the physician who fills the death certificate, nor by the epidemiologist who interprets the information obtained from these death certificates. Likely, the old persons who die during an heat wave, or during an influenza epidemic share many epidemiological features, as the striking parallelism of the age–sex–death rates relationship that we find between the persons death with a mention of influenza as initial cause, and the persons dead ‘in excess’ during the 2003 heat wave.

#### 4. *Harvesting?*

The fact that 15 000 persons died in excess in France in August 2003 was startling enough for their fellow citizens which were enjoying their vacations at the time. It was made worse however by reports of the horrible conditions of many of these. Bodies unnoticed for days in poor buildings, failing emergency systems, lack of ICU beds, overrun funeral parlors, etc. In these conditions, the mention of harvesting inevitably offended some people: the harvesting hypothesis suggests that death had favoured people that were at any rate doomed to die soon. Harvesting for instance has been evocated for the deaths associated with air pollution.

We have examined this hypothesis in two ways. The first relies on the published analysis of social se-

curity data for non-institutionalised people who died in August 2003, among which are the excess deaths. Data covering the five months preceding August show that this cohort made a much larger demand on health services and prescription drugs than those of appropriate controls, of same age and sex. This certainly indicates that overall the August dead were in poor health before the wave. The second exploration used provisional mortality data from the French National Institute of Statistics estimating only the total numbers of deaths, but not the causes. We did compare the monthly mortalities observed to the corresponding means mortalities observed during the last seven years. Data from our own real-time influenza surveillance network showed that these seven years were comparable to 2003. The monthly mortality statistics of year 2003 was virtually the same that the control one. By contrast, after January, the 2004 mortality was much lower than in the control period. This undermortality roughly accounts for the 15 000 excess deaths of August 2003. We may therefore hypothesize that the persons dead in excess during the summer 2003 were already vulnerable, and were likely to die five to eight months later. The statistics including the recorded cause of death are not yet available, but when compiled will provide a way of further confirming this hypothesis, in particular if the number of deaths notified as influenza is found to be below the expected number derived from incidence data.

From the epidemiological point of view, several conclusions can also be drawn from this experience: we have here a situation that acutely needs an epidemiological approach to understand the complex process having led to these excess deaths. While critical biological and clinical information is generally impossible to collect for obvious reasons, however epidemiology, here and in several other instances, has been able to identify risk factors upon which effective prevention policies can be built.

Another emerging observation is the difficulty not only of understanding the cause of death, but simply to describe it. An increasingly larger proportion of deaths occurs in elderly with multiple pathologies. Nevertheless, the present documentation approach relies on asking the doctor who fills the death certificate to enter a linear causal chain starting with an ‘immediate cause’, and closing with an ‘initial cause’ (which will be ultimately listed in the death statistics). In

fact, a network of causes needs to be identified, a task that would require revising the present information architecture, data collection, and dissemination policies. This unfortunately is a very complex endeavour.

## 1. Introduction

Au cours du mois d'août 2003, l'Europe fut traversée par une vague de chaleur, notamment la France, où les températures maximales dépassèrent en moyenne de 2 °C celles atteintes lors des trois derniers étés les plus chauds. Cette vague de chaleur s'accompagna d'un grand nombre de victimes, tout particulièrement en France, où l'événement fut vécu comme une catastrophe sanitaire. À ce titre, il fut amplement analysé, aussi bien en ce qui concerne la capacité du système de santé à répondre à de tels événements, qu'en ce qui concerne sa description épidémiologique. Les différents rapports et analyses effectuées font l'objet de documents publics, pour la plupart accessibles via Internet : dès la fin du mois d'août, une première mission réalisée à la demande du ministre de la Santé montra le caractère exceptionnel de cette canicule, analysa la réponse du système de santé et souligna le décalage entre les nombreuses connaissances scientifiques disponibles dans la littérature épidémiologique – notamment des actions de prévention d'efficacité prouvée – et l'absence de mise en pratique de ces connaissances [1]. Une autre mission, effectuée à la demande du même ministre de la Santé, fournit en septembre 2003 une évaluation quantitative du nombre total de décès attribuables à cette canicule (environ 15 000) [2], comblant ce qui avait été vécu comme une lacune du système d'observation épidémiologique. L'Institut de veille sanitaire (INVS) lança à partir du 13 août des études épidémiologiques de terrain, destinées à mieux documenter les circonstances des morts observées et réalisa deux rapports très complets, l'un fin août, l'autre en octobre 2003, incluant la description détaillée de la situation météorologique du mois d'août 2003 [3,4]. Deux commissions, l'une de l'Assemblée nationale, l'autre du Sénat, fournirent ensuite des documents également très détaillés permettant une analyse complète des faits [5,6]. Enfin, au cours de l'année 2004, l'Institut de veille sanitaire continua à fournir et à actualiser des documents, en décrivant notamment sa méthodologie de mise en place d'un sys-

tème d'alerte météorologique [7], dont un élément intéressant est la recherche systématique des combinaisons de paramètres biométéorologiques les plus aptes à entraîner une surmortalité.

Le lecteur ayant ainsi pléthore d'informations sur cet événement, cet article va se limiter à trois sujets :

- un bref rappel des résultats épidémiologiques acquis, et la mise en perspective correspondante de la canicule 2003 en France ;
- l'exposé des difficultés méthodologiques particulières relatives à l'épidémiologie des canicules, notamment celles concernant la définition de « la » cause de la mort ;
- une réflexion sur la notion d'« effet de moisson », qui, en épidémiologie, caractérise les événements qui « faucheraient » des sujets très sensibles, ne faisant qu'avancer « de peu » le moment de leur mort, et l'énoncé d'une hypothèse à propos de l'excès de mortalité observé au cours de la canicule 2003.

## 2. Résultats épidémiologiques acquis et canicule 2003

### 2.1. La chaleur : un phénomène meurtrier

La littérature scientifique a identifié depuis longtemps l'impact des vagues de chaleur sur la mortalité. On trouve de nombreux exemples de surmortalités importantes, mais jamais de l'ampleur de celle de l'été 2003, le seul événement cité comme s'en approchant étant une canicule survenue du 14 au 25 juillet 1749 à Pékin, et qui aurait fait 11 000 victimes selon les sources de l'époque [8].

La France a connu plusieurs vagues de chaleur d'ampleur beaucoup plus faible que celle de l'été 2003, ayant entraîné des morts en excès (mais en moindre nombre), dont deux furent documentées. En juin–juillet 1976, l'Ouest et le Nord connurent des températures très élevées, s'accompagnant d'une surmortalité mentionnée dès 1978 [9], évaluée par la suite à environ 6000 victimes [2]. On n'en garde pas le souvenir d'une grande émotion publique ; ainsi, selon le rapport du Sénat [6], on en a « surtout retenu les dommages agricoles et la création de l'impôt sécheresse ». La vague de chaleur de l'été 1983 fut moins

étendue géographiquement et toucha particulièrement le sud-est de la France. Pendant 20 jours à Marseille les températures ne descendirent pas en dessous de 20 °C ; les températures maximales furent comprises entre 35 et 41 °C lors de la dernière semaine de juillet. Une analyse détaillée de la mortalité dans la région de Marseille permit de fournir une estimation d'environ 300 décès dus à la canicule [10].

Dans plusieurs villes du monde, des surmortalités importantes liées à la chaleur furent observées, décrites, voire analysées. Aux États-Unis, à l'été 1980, les villes de Memphis, de Saint-Louis et de Kansas City enregistrèrent des températures record pendant plusieurs jours ; les surmortalités estimées furent respectivement de l'ordre de 100, 300 et 600 morts [11, 12]. À Chicago [13], la surmortalité durant la vague de chaleur 1995, estimée à 739 décès, bien que beaucoup plus faible que celle enregistrée à Paris en 2003, fut perçue, de façon assez comparable, comme une catastrophe sanitaire révélatrice de l'inadéquation de systèmes de santé à protéger les plus faibles [14]. L'Europe a également connu plusieurs vagues de chaleur, dont les principales eurent lieu à Athènes en 1987, où l'enregistra quelques 2000 décès excédentaires [15], en Belgique en 1994, où le nombre de décès en excès fut estimé à environ 1200 [16,17], et enfin en Angleterre et au Pays de Galle en 1995, où la surmortalité fut évaluée à un peu plus de 600 [18].

Malgré les difficultés méthodologiques inévitables rencontrées par les épidémiologistes, l'étude des canicules passées a permis d'identifier des facteurs de risque de mortalité. Des revues générales sur le sujet ont été publiées, et il est frappant de constater que deux d'entre elles furent publiées l'année précédant la canicule 2003, l'une dans le journal de référence des revues générales en épidémiologie [19], l'autre dans la revue française la plus adaptée au sujet [20]. Ces revues générales montraient non seulement que l'impact sanitaire des vagues de chaleur pouvait être très important, mais, surtout, faisaient un bilan des facteurs de risque qui avaient été identifiés et des mesures les plus efficaces pour prévenir les morts au cours d'une vague de chaleur.

Ainsi, les études – menées en particulier aux États-Unis – ont montré le risque accru de décès pour les personnes âgées [13,21,22] et les sujets sous certains traitements [23] (diurétiques, psychotropes), dont il faut donc restreindre l'usage pendant de telles périodes

(et communiquer rapidement sur l'importance de cette restriction). Les travaux de Semenza et al. [13] sur la vague de chaleur de Chicago en 1995 montrèrent l'importance déterminante des facteurs de risque sociaux dans la surmortalité : les personnes vivant seules avaient un risque 2,3 fois plus grand que les autres de mourir au cours de la canicule ; celles vivant au dernier étage de leur immeuble 4,7 fois plus grand. ... Ces travaux ont montré de façon claire le rôle de la climatisation : les personnes résidant dans un lieu climatisé avaient cinq fois moins de risque de mourir que les autres ; à partir des données recueillies, on estime que 50 % des décès auraient été évités si tous les sujets avaient eu un domicile climatisé. D'autres études – en particulier celle de Kaiser sur la canicule de Cincinnati en 1999 [24] – ont confirmé ce type de résultats ; elles ont notamment démontré le rôle protecteur de l'accès à la climatisation fut ce quelques heures par jour. Elles n'ont en revanche pas démontré le rôle protecteur du ventilateur.

La surmortalité touche des populations fragilisées déjà atteintes de maladies, notamment les sujets souffrant d'insuffisance cardiaque [12,23] et ceux atteints de maladies mentales [13,24], soit parce que ces maladies s'accompagnent de comportements inadaptés face à une vague de chaleur, soit pour des raisons plus fondamentales, puisque certains neurotransmetteurs ont également un rôle dans le maintien de l'homéothermie.

L'identification des facteurs de risque sociaux et environnementaux à la suite de la canicule de 1995 a mené les autorités municipales de Chicago à mettre en place des mesures de prévention. Au cours de l'épisode de chaleur suivant (1999), seulement 80 morts [25] (à comparer à 739 en 1995) furent observées, cette baisse de mortalité pouvant être sans doute partiellement attribuée aux mesures prises. L'évaluation de l'impact des mesures de prévention a également utilisé la modélisation : Weisskopf et al. [26] ont développé des modèles prévisionnels de mortalité permettant de rendre compte de la mortalité et des passages aux urgences observés pendant la canicule de 1995 à Milwaukee [27]. Ils appliquèrent ces modèles pour évaluer la mortalité attendue lors de la canicule de 1999 dans la même ville : la mortalité observée en 1999 représentait environ 20 % de la mortalité que les modèles laissaient attendre en l'absence de mesures de



prévention (qui avaient été mises en place entre 95 et 99).

Deux remarques d'ordre général concernant la politique de santé face au risque sanitaire peuvent être déduites de l'expérience des canicules passées :

- les vagues de chaleur de Chicago et de Milwaukee sont à ajouter à la longue liste des exemples démontrant, et pas seulement dans le cas des canicules, que les mesures de prévention d'un risque sanitaire sont rarement prises en l'absence d'expérience du phénomène ;
- l'existence d'une abondante littérature, y compris dans les revues générales sur le risque sanitaire lié à la chaleur, publiées dans des journaux lus par tous les épidémiologistes spécialisés dans l'impact de l'environnement sur la santé, montre – une fois de plus – qu'il ne suffit pas de posséder la connaissance épidémiologique pour passer à l'action correspondante en santé publique.

## 2.2. La mortalité durant la canicule 2003 en France

Le document le plus complet disponible sur l'évaluation de la mortalité d'août 2003 est celui d'Hémon et Jouglà [2] : après avoir comparé trois modèles différents d'estimation de la surmortalité liée à la canicule, les auteurs ont choisi le plus simple, qui a précisément l'avantage de la simplicité, qui le rend communicable au plus grand nombre. La surmortalité attribuée à la canicule fut calculée en déduisant du nombre quotidien de décès observés en août 2003 le nombre quotidien moyen de décès au cours des trois années précédentes (2000–2002). Après un travail d'évaluation des différentes bases de données (INSEE, INSERM, INVS...) leur ayant fourni une information sur les nombres de décès en août 2003, les auteurs conclurent à environ 14 800 morts supplémentaires survenues entre le 1<sup>er</sup> et le 20 août 2003.

La surmortalité estimée a été observée entre le 1<sup>er</sup> et le 20 août, avec un pic le 12 août 2003. La Fig. 1 montre l'allure des courbes de mortalité chez l'homme et chez la femme. On observe que cette surmortalité était particulièrement prononcée chez les personnes de plus de 75 ans, qui formaient 82,5 % des morts en excès. Pour caractériser un peu plus précisément qui étaient les morts en excès de l'épisode de la canicule, les auteurs ont à nouveau analysé les diffé-

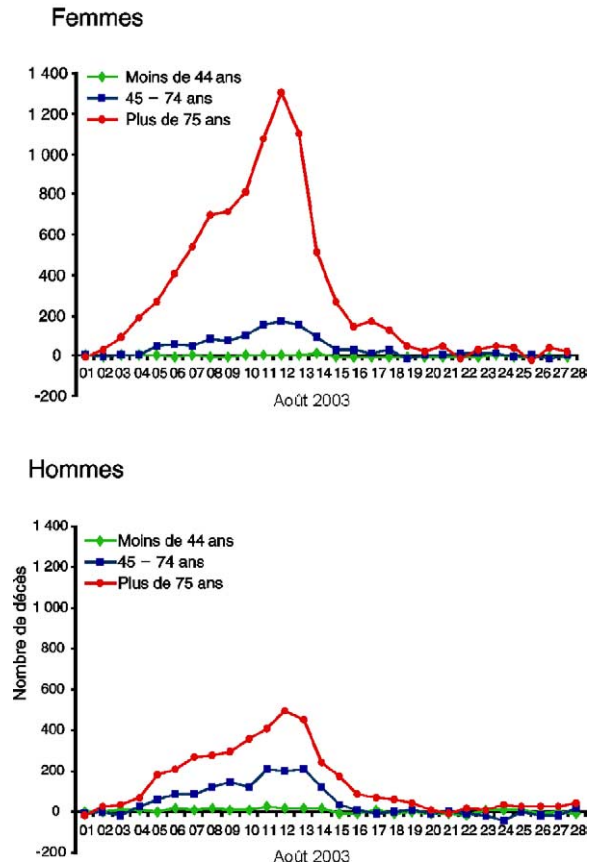


Fig. 1. Évolution de l'excès de mortalité du 1<sup>er</sup> au 28 août 2003 en fonction de l'âge et du sexe (in [2], reproduit avec l'autorisation des auteurs).

rences observées entre la période du 1<sup>er</sup> et 20 août 2003 et les périodes correspondantes des années 2000 à 2002. La surmortalité a plus touché les femmes que les hommes (la mortalité a augmenté de 70 % chez les femmes contre 40 % chez les hommes). L'augmentation de la mortalité a été particulièrement forte en région parisienne (plus 141 %, à comparer à plus 40 % ailleurs).

Sur la Fig. 2, nous montrons comment varie la surmortalité en fonction de l'âge. Celle-ci augmente nettement à partir de la tranche d'âge 45/54 ans et croît avec l'âge. Ainsi, chez les sujets de plus de 95 ans, il y a eu deux fois plus de morts chez les hommes que dans les années témoins choisies et 2,2 fois plus chez les femmes. Le fait que les surmortalités estimées jusqu'à 35/44 ans, et en tout cas jusqu'à 25/34 ans ne soient

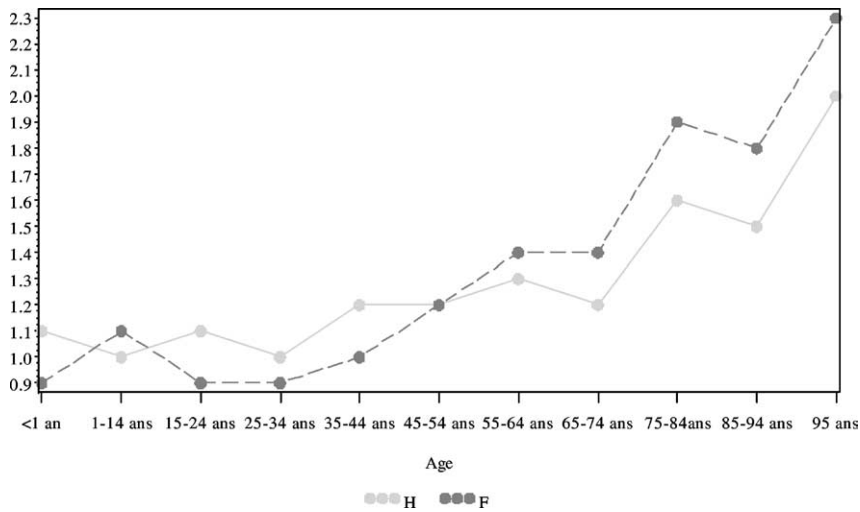


Fig. 2. Surmortalité par âge et par sexe pendant la période du 1<sup>er</sup> au 20 août 2003 (les données sont extraites de [2]). L'ordonnée représente le facteur multiplicatif observé en 2003 par rapport aux trois années précédentes.

pas apparentes sur cette figure (les données tournent autour de la valeur de référence 1,0) ne signifie évidemment pas qu'il n'y a pas eu de morts attribuables à la vague de chaleur dans ces tranches d'âge au cours de cette période. Au contraire, des cas isolés documentés existent (et ont même fait partie des cas ayant motivé l'alerte) d'hommes jeunes tués par la canicule. Mais leur nombre est trop petit pour que les indices statistiques en portent témoignage.

La Fig. 3 extraite du même rapport [2] montre que les répartitions géographiques des nombres de jours de grande chaleur et de la surmortalité ne se superposent pas. C'est dans le Midi qu'on a observé le plus grand nombre de jours de chaleur et c'est en Île-de-France qu'on a observé le plus de morts. Les explications simples sont facilement mises en échec : on peut penser que les populations méridionales sont plus adaptées à la chaleur que celles du Nord et, en effet, ce phénomène d'adaptation (relativement modeste, néanmoins) en fonction de la latitude a déjà été décrit [28]. Cependant, on doit observer que c'est au contraire dans les régions du Sud que s'est produite en 1983 une des seules vagues de surmortalité documentée épidémiologiquement en France [10]. On peut aussi penser que c'est précisément cette expérience de 1983 qui a mené les municipalités du Sud de la France à prendre plus de mesures de préventions que les autres ; mais, là aussi, la situation est contrastée, puisque dans certaines villes du Sud,

des mesures de prévention active avaient en effet été prises (Marseille), mais que dans d'autres où ces mesures n'avaient pas été prises, on a constaté néanmoins une mortalité comparable. On peut aussi évoquer la pollution atmosphérique, dont on sait qu'elle accompagne les jours de grande chaleur. S'il est exact que la pollution – notamment par l'ozone – a augmenté au cours de ces jours de grande chaleur partout en France, cela ne fut pas spécifiquement dans les régions de très fortes surmortalité, tel l'Île-de-France et la région Centre. Il n'est pas possible à l'heure actuelle d'attribuer quantitativement un nombre de morts qui auraient été spécifiquement causées par cette surpollution. Il s'agit d'ailleurs d'un difficile problème méthodologique, pour lequel des outils statistiques et mathématiques spéciaux ont été développés, dont l'objet est de séparer les rôles respectifs de la pollution et de la chaleur [29–31].

### 2.3. Et la mortalité durant l'hiver ?

Afin de documenter le caractère exceptionnel de la surmortalité d'août 2003 en la mettant en perspective, non seulement avec les étés précédents, mais aussi avec les mois d'hiver, nous avons effectué exactement le même calcul que celui du rapport Hémon-Jouglu [2] sur une base mensuelle pour toutes les années depuis 1949 en utilisant les données de l'INSEE répertoriant le nombre total de décès par mois

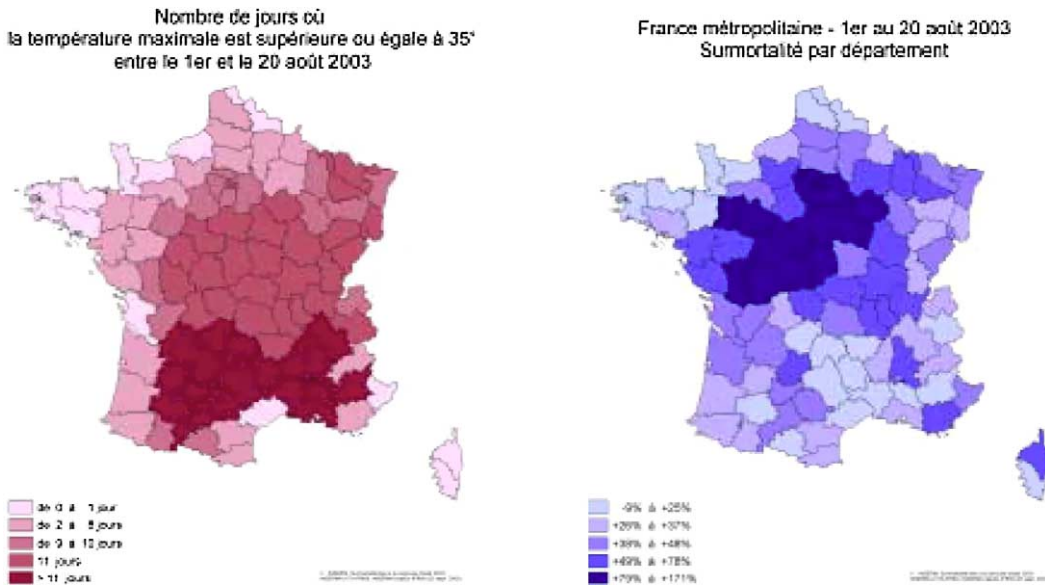


Fig. 3. Répartition géographique des nombres de jours de grande chaleur et de la surmortalité (in [2], reproduit avec l'autorisation des auteurs).

de 1946 à 2003 (données publiques disponibles en ligne à partir de 1975, <http://www.indices.insee.fr/>) (soit  $55 \times 12 = 664$  mois). En appliquant ce mode de calcul, sur les 55 périodes estivales considérées, seuls quatre mois de juin ont présenté une surmortalité de plus de 2000 morts et 9 mois de juillet (les années les plus récentes étant 1994, avec une estimation de surmortalité de 2311 morts, 1983, avec une estimation de surmortalité de 4611 morts – chiffre proche de la mortalité excédentaire de 4700 évoquée dans le rapport du Sénat [6] – et 1976, avec une surmortalité, qui, ajoutée à celle de juin, peut être estimée à environ 5500 morts). Sur les 55 mois d'août et de septembre considérés, ce calcul n'identifie que quatre mois d'août pour lesquels la surmortalité était supérieure à 2000, et seulement deux mois de septembre. Par contraste, les mois de décembre, janvier, février et mars présentent souvent plus de 2000 décès en excès (entre 10 et 16 fois sur 55, selon les mois). Si maintenant on considère les surmortalités supérieures à 5000, on ne trouve aucune occurrence pour les mois de mai à octobre, sauf en 2003, au mois d'août. En revanche, lors de 9 mois de janvier, 9 mois de février, 7 mois de mars et 6 mois de décembre la surmortalité a dépassé 5000 morts. Si, finalement, on se limite à une très grande surmortalité (de plus de 10 000 morts), on iden-

tifie bien entendu la canicule d'août 2003, mais aucun autre mois d'été. Par contraste, on remarque plusieurs mois d'hiver où les surmortalités ont été extrêmement grandes : par exemple, 25 000 morts supplémentaires en décembre 1969 ; 33 000 morts en janvier–février 1953 ; 29 000 morts en janvier 1949... Il est remarquable de constater que ces surmortalités (qui touchent essentiellement les mêmes tranches d'âges que celles des victimes de la canicule 2003) n'ont pas fait l'objet de beaucoup d'émotion, soit parce qu'elles datent d'une période où la perception du risque en santé publique n'était pas aussi aiguë que maintenant, soit parce que, pour l'instant, on considère encore comme « normales » les surmortalités en hiver. Celles-ci sont extrêmement corrélées aux épidémies de grippe [32], et tout spécialement aux pandémies (c'est en particulier le cas du chiffre important de 1969 cité ci-dessus). On peut prédire, après cette brève lecture de l'expérience épidémiologique oubliée des surmortalités des 55 dernières années, que lorsqu'on observera entre 20 et 30 000 morts supplémentaires au cours d'une prochaine pandémie de grippe, touchant à nouveau surtout les personnes fragiles, principalement les personnes très âgées, l'émotion sera plus importante qu'elle ne le fut dans le passé.



### 3. La difficile méthodologie de l'épidémiologie des canicules

#### 3.1. La définition de la canicule

La mesure quantitative de la cause (« la chaleur ») est extrêmement compliquée. La notion même de vague de chaleur ne bénéficie pas d'une définition universelle [33]. Il est cependant largement admis que la succession de plusieurs jours de fortes chaleurs est une condition nécessaire à la définition. Les définitions utilisent la température maximum, la température minimum, jugée très importante, puisque, dans le cas d'une vague de chaleur où la température minimum reste longtemps élevée (comme ce fut le cas à Paris en août 2003), les sujets ne peuvent « récupérer » pendant la nuit. De nombreux indices font intervenir l'humidité, par exemple en définissant une température apparente ou un Humidex [4] ([http://www.msc.ec.gc.ca/cd/brochures/humidity\\_f.cfm](http://www.msc.ec.gc.ca/cd/brochures/humidity_f.cfm)). Cependant, dans un travail récent de l'INVS, destiné à mettre au point des indices météorologiques d'alerte, les auteurs ont étudié rétrospectivement quels étaient les paramètres météorologiques les plus prédictifs de la surmortalité de l'été 2003 et n'ont pas identifié un rôle notable de l'humidité [7].

#### 3.2. Difficultés de la définition des décès « liés à la chaleur »

Il est aisé d'estimer le nombre global de décès en excès pendant une canicule, par comparaison entre les nombres de décès observés pendant la canicule, et ceux observés les années précédentes en l'absence de canicule. Ce type de calcul peut être utilisé pour évaluer l'excès de décès dans telle grande ville, ou dans telle tranche d'âge. On ne fait alors qu'utiliser des informations démographiques disponibles pour tout décès, et fiables. La situation se complique lorsqu'on veut analyser les excédents par « causes de décès ». Ainsi, on a pu observer [2] qu'en août 2003, il y eut dans la région Centre 150 morts dont la « cause initiale » était une maladie respiratoire, contre environ 50 en 2001. Cette information statistique n'indique pas lesquels des 150 décès sont les (environ) 100 (150 – 50) décès supplémentaires « liés à la chaleur ». La notion de décès « lié à la chaleur » n'est pas une entité bien définie.

L'épidémiologiste veut dépasser le simple décompte des cas, et à son habitude, identifier dans l'écheveau des facteurs de risques biologiques, cliniques, comportementaux, environnementaux, sociaux ceux qui sont causaux et, en tout cas, ceux qui peuvent faire l'objet – même sans être causaux – d'actions de prévention. Pour ceci, il doit donc établir des études dans lesquelles il corrèle les informations médicales et les facteurs de risque étudiés. Le début d'un tel travail est de fournir une « définition de cas » rigoureuse, reproductible, et correspondant à une réalité. En l'occurrence, on n'étudie pas ici une maladie, mais un ensemble de maladies ou de situations pathologiques diverses, posant des difficultés de diagnostic, et – à la suite – des difficultés de codage lorsqu'on veut les insérer dans les systèmes d'information. L'outil utilisé pour le codage aussi bien de la morbidité que de la mortalité est la classification internationale des maladies actuellement dans sa dixième révision (CIM 10). Les subdivisions de la CIM sont très détaillées, leur utilisation sur le terrain doit être évaluée et validée en toute circonstance (particulièrement celle-ci), que ce soit au cours du suivi hospitalier ou à la rédaction d'un certificat de décès.

La CIM 10 identifie les effets de la chaleur au sein d'une catégorie (T67) plus générale intitulée « effets de la chaleur et de la lumière ». À l'intérieur de cette catégorie, on trouve plusieurs entités relativement bien définies :

- le coup de chaleur, en anglais *heat stroke* (T67.0) : son diagnostic bien défini correspond à une température centrale supérieure à 105 °F (c'est-à-dire 40,6 °C), accompagnée d'une atteinte du système nerveux central objectivée par des convulsions, un coma, une perte de conscience, une attaque systémique générale [34] ;
- l'épuisement par la chaleur, en anglais *heat exhaustion* (T67.3, T67.4, T67.5) : les symptômes incluent la soif, la faiblesse, l'inconfort, l'anxiété, les maux de têtes ; la température peut être normale, sous la normale, ou légèrement élevée (mais inférieure à 40 °C) [34].

Ces deux entités sont liées, et bien qu'on ne dispose pas d'un modèle d'histoire naturelle de la maladie, on peut penser – notamment à partir de données recueillies en Arabie Saoudite [34] – que les personnes

atteintes d'un coup de chaleur ont une probabilité de mort immédiate d'environ 50 % et que la probabilité de passer de l'état d'épuisement par la chaleur à l'état de coup de chaleur est de l'ordre de 1/20.

D'autres codes de la CIM concernent également les effets de la chaleur, mais correspondent à des entités moins bien définies et/ou peu utilisées en pratique : la plupart dans la même catégorie (T67.1, T67.2, T67.6, T67.7, T67.8, T67.9), mais un (X30 : « exposition à une chaleur naturelle excessive ») dans une autre catégorie, utilisée uniquement en association avec les rubriques d'autres chapitres.

Bien qu'on ait tenté [35] d'en donner une définition rigoureuse, la définition des morts liées à la chaleur varie en pratique selon les études épidémiologiques : il s'agit tantôt des décès pour lesquels la température centrale au moment du décès était supérieure à 105 °F (incluant donc uniquement les coups de chaleur, les hyperthermies ne pouvant pas être raisonnablement attribuées à une autre cause que la chaleur) [12], tantôt des morts dont le certificat de décès fait référence à la chaleur (comme cause principale ou associée) [24], tantôt leur sont ajoutés les décès par maladies cardio-vasculaires survenant pendant la vague de chaleur (même sans référence à la chaleur dans le certificat) [13], car plusieurs études ont montré que les décès consécutifs à des maladies cardio-vasculaires représentent la seconde cause de surmortalité en période caniculaire [11–13,36].

Comme, souvent, on ne peut pas connaître la température du sujet au moment de sa mort [36], l'utilisation de celle-ci dans la définition de cas conduirait à une sous représentation de l'ensemble des décès liés à la chaleur. Une définition plus large, adoptée pour évaluer les décès liés à la chaleur à Chicago en 1995, permet d'inclure également les décès pour lesquels la température est inconnue, mais survenant en période caniculaire et pour lesquels toute autre cause que la chaleur peut être exclue [37]. Même en utilisant une telle définition, les décès liés à la chaleur ne représentent encore qu'une part de la surmortalité constatée en période caniculaire. Ainsi, on a évalué lors de la canicule de Chicago de 1995 [21,38] que les décès liés à la chaleur, avec cette définition élargie, ne représentaient encore que 65 à 80 % de l'excès de mortalité observé.

On voit donc que l'épidémiologiste, lorsqu'il veut analyser l'effet de la chaleur sur la mortalité, se trouve face à un ensemble extrêmement hétérogène de situa-

tions qui a priori ne présentent pas les mêmes facteurs de risques, ni les mêmes facteurs de prévention.

### 3.3. *L'information recueillie à partir des certificats de décès est difficile à interpréter, en particulier chez les personnes très âgées*

L'analyse détaillée de la mortalité au cours d'une canicule cumule deux difficultés : d'une part, l'identification du lien entre la chaleur et le décès est difficile, comme on l'a vu plus haut ; d'autre part, les victimes sont souvent des personnes très âgées, polyopathologiques, pour qui le modèle de cause unique de décès semble peu convenir.

À chaque décès, le médecin qui le constate remplit un certificat de décès en deux parties, dont une partie médicale qu'il clôt. Le certificat est transmis à la mairie. L'officier d'état civil complète alors un avis de décès nominatif, comportant des informations d'état civil, ainsi qu'un bulletin de décès anonyme comportant les mêmes informations. L'avis est transmis à l'INSEE, tandis que le bulletin accompagné de la partie médicale, toujours close, est transmis à la direction départementale de l'Action sanitaire et sociale, qui elle-même le transmet au CÉPIDC de l'INSERM [2]. Un système de codage permet – dans le respect de règles précises de confidentialité – la mise en correspondance de ces deux catégories de données (médicales et d'état civil), dans un but, notamment, de recherches épidémiologiques.

Les consignes de remplissage d'un certificat médical sont à la fois précises et complexes : le médecin fournit une liste de causes expliquant, selon lui, le décès. Cette liste est en principe ordonnée et doit commencer par la cause immédiate du décès ; puis est indiquée une cause sensée expliquer cette cause immédiate, et ainsi de suite, jusqu'à la cause que le médecin considère comme étant la « cause initiale » du décès. Par exemple, la cause immédiate pourrait être une chute (elle devrait alors être mentionnée sur la première ligne) ; la cause expliquant cette chute pourrait être l'alcoolisme (elle devrait alors être mentionnée sur la deuxième ligne) ; la cause initiale mentionnée pourrait être une dépression (elle devrait être mentionnée sur la troisième ligne). Les statistiques de mortalités, telles qu'on les lit habituellement, sont fournies en fonction de cette « cause initiale » de mortalité. On doit être conscient que l'ensemble de l'information re-

lative aux décès repose sur un modèle de causalité sous-jacent au remplissage du bulletin de décès : il s'agit d'un modèle « caténaire » (en chaîne linéaire), dans lequel une cause en entraîne une autre. Ce modèle a sans doute beaucoup de difficultés à bien rendre compte de la causalité de la mort de personnes très âgées, aux multiples pathologies. Le médecin peut également ajouter, à côté de cette liste principale, une liste de causes qu'il juge associées à la mort. Toutes les causes de décès listées par le médecin sont manuscrites et en langage libre. Le travail nécessaire pour aboutir à la base de données finale qui sera exploité

est lui aussi difficile et complexe : en France, actuellement, un personnel spécialisé dicte les indications manuscrites du médecin ; un système de reconnaissance vocale permet alors d'informatiser la liste des codes correspondant aux déclarations du médecin. Ensuite, la cause initiale du décès est sélectionnée et codée selon les règles de la classification internationale des maladies. Pour cela, il faut vérifier si la liste fournie par le médecin est cohérente (par exemple, dans le système linéaire de cause conséquence adopté, il faut vérifier que la cause de décès mentionnée à la ligne  $n$  peut bien être considérée comme une conséquence de la cause

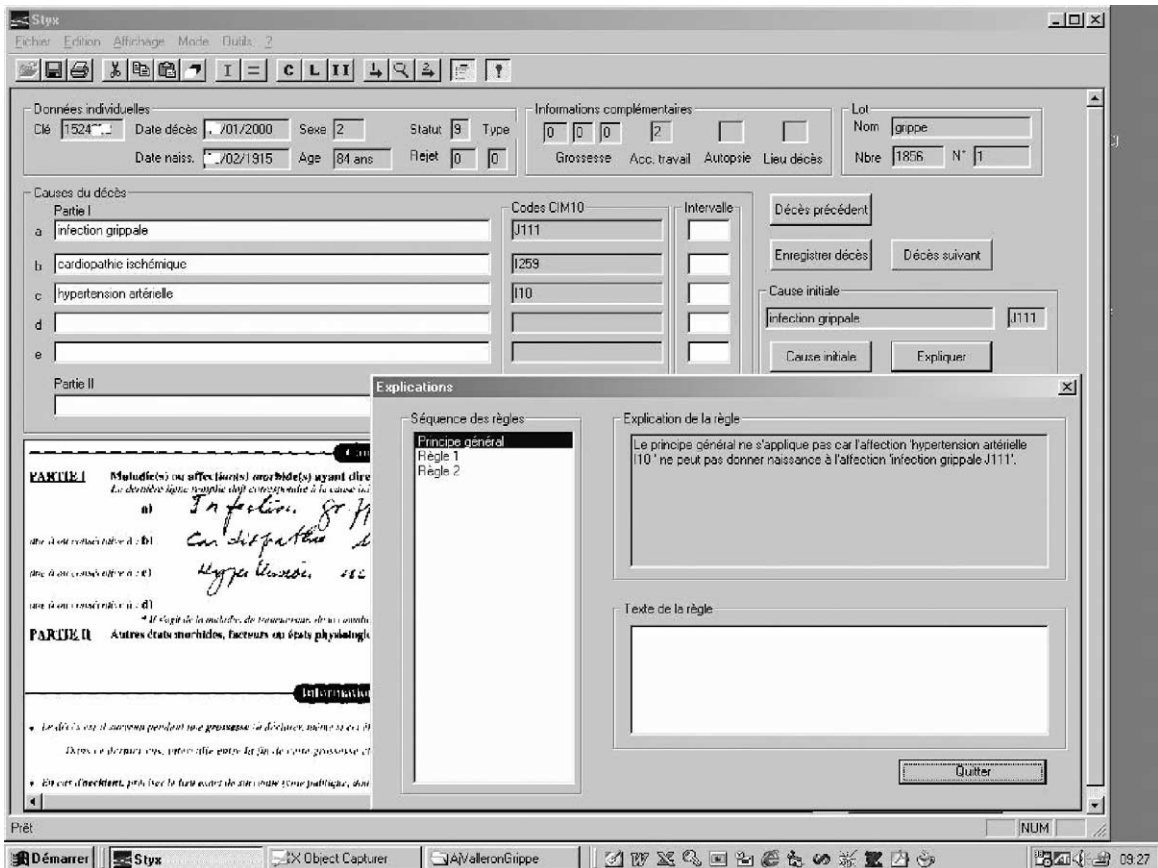


Fig. 4. Informatisation du certificat de décès (in [39]). Le certificat manuscrit original est reproduit (en bas à gauche). Les trois causes de décès indiquées sur ce certificat sont : (1) infection grippale, (2) cardiopathie ischémique, (3) hypertension artérielle. Après dictée et reconnaissance vocale, la liste des causes reportées par le médecin est informatisée (en haut à gauche). La cohérence de la liste est vérifiée : la règle générale selon laquelle la cause initiale doit être la dernière listée n'a pas été respectée dans ce certificat (voir l'encart « explication de la règle »), celui-ci peut néanmoins être interprété grâce à une autre règle selon laquelle le médecin a pu – par erreur – commencer la liste par la cause initiale. La cause initiale retenue est finalement grippe, J111 (en haut à droite). Noter qu'à l'issue de ce processus complexe, on n'est pas certain que le décès soit dû à la grippe, faute d'isolement viral, unique moyen de valider l'information.

de décès mentionnée à la ligne  $n + 1$  et, sinon, retenir un autre enchaînement logique). Des algorithmes et des bases de connaissances internationaux sont utilisés dans la plupart des pays, afin de produire des statistiques comparables. La Fig. 4 résume l'ensemble de ce processus complexe.

Pour illustrer la complexité des données de mortalité, nous pouvons nous appuyer ici sur les indications recueillies au cours de l'examen systématique des 1867 certificats de décès portant la cause grippe en 2000 en France [39]. En effet, la démographie des victimes de la chaleur composant la surmortalité liée à la canicule est proche de la démographie des personnes décédées au cours d'une épidémie de grippe, comme le montre le parallèle remarquable entre les taux de mortalité en excès d'août 2003 et les taux de mortalité par la grippe (Fig. 5). Ainsi, en France, 80,9 %

des 1588 personnes dont le certificat de décès portait la cause initiale « grippe » en 2000 avaient plus de 75 ans, contre 82,5 % chez les sujets morts en excès durant l'été 2003. Le nombre moyen de causes de décès était de l'ordre de quatre par individu, avec 10 % des sujets ayant plus de six causes de décès mentionnées sur leurs certificats. On se trouve donc face à une extraordinaire combinatoire : des séquences de une à six causes de décès, prises dans l'ensemble des causes évoquées couramment dans cette tranche d'âge, sont observées. Il est impossible de vérifier rétroactivement si l'information fournie est initialement correcte. La qualité de l'information dépend, non seulement de la compétence du médecin et de l'intérêt qu'il porte à cet exercice purement altruiste, mais aussi de la circonstance : un médecin traitant régulier pourra évoquer des pathologies de fond qu'il connaît ; un médecin recevant un inconnu dans un service d'urgences lors de la canicule ne le pourra pas. Enfin, en admettant même que les informations sur les causes immédiates et associées de décès soient connues du médecin, et bien transcrites, le modèle d'une cause initiale de décès, suivie d'un enchaînement linéaire d'autres causes, est évidemment simpliste.

Outre la difficulté pratique et conceptuelle d'obtenir « la » véritable cause de décès à partir des sources d'informations disponibles, on comprend que la complexité du traitement de l'information puisse entraîner des délais, variables selon les pays. En France, l'ensemble des certificats de décès (entre 500 et 600 000 par an) a été analysé jusqu'à la fin de l'année 2000. C'est donc une analyse spéciale des données de mortalité de l'été 2003, effectuée « en urgence », qui fournit la matière du rapport [2] sur les conséquences sanitaires de la canicule.

#### 3.4. Les schémas d'étude classiques difficiles à utiliser

Outre la mesure de l'exposition et la définition des cas, l'épidémiologiste se heurte à la difficulté du schéma d'étude à adopter pour déterminer les facteurs de risque de décès en période caniculaire. Le meilleur schéma (mais inapplicable) pour fournir une information quantitative et rigoureuse sur l'histoire naturelle du coup de chaleur serait de pouvoir comparer les événements biologiques et climatiques survenant dans deux cohortes, l'une soumise à un épisode caniculaire.

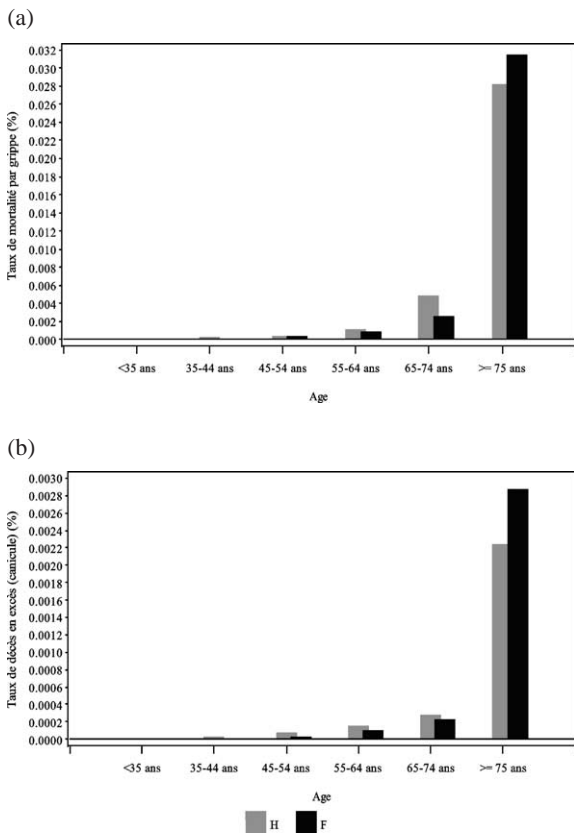


Fig. 5. Relations entre l'âge et les taux de mortalité comparables dans les morts par grippe (a) (données 2000) et les morts en excès durant la canicule 2003 (b).

culaire, l'autre non soumise. Ceci supposerait d'abord un système d'observation permanent (et non pas mis en place au moment de la canicule) qui n'existe pas. Cela supposerait aussi de comparer des populations placées dans des zones géographiques, donc dans des situations différentes, et par conséquent de disposer des paramètres permettant de contrôler l'impact de ces différences sur les résultats mesurés. Il est donc facile de voir que ce schéma théorique, le seul en mesure de fournir réellement des estimations quantitatives de l'importance des facteurs biologiques sur cette histoire naturelle, est tout à fait inaccessible en pratique. Aussi, les études épidémiologiques documentant les facteurs de risque de la surmortalité au cours des vagues de chaleur utilisent-elles des schémas faisables, mais moins riches, dont le meilleur est l'étude cas témoin où l'on compare des cas (par exemple des personnes dont le décès est «lié à la chaleur») à des témoins soigneusement appariés, en fonction de ce qu'on peut recueillir de leur histoire passée. L'obtention rétrospective d'information chez les cas est impossible par l'interrogatoire et très difficile en ce qui concerne la plupart des paramètres biologiques d'intérêt et les antécédents médicaux. Des résultats ont cependant pu être acquis par de telles études ; un exemple démonstratif concerne la vague de chaleur de 1995 à Chicago : à partir des 739 victimes, il fut possible de reconstituer une étude, dans laquelle 339 cas furent appariés à 334 témoins [13]. Cependant, ces études concernent principalement des facteurs de risque sociaux, comportementaux, médicamenteux (pour lesquels l'information fiable était disponible) et pas les facteurs de risque biologiques, seuls susceptibles de faire avancer la recherche sur les facteurs étiologiques et pronostiques des morts observées.

#### 4. L'effet de moisson

Les épidémiologistes désignent par « effet de moisson » (traduction de *harvesting*) le fait qu'un événement sanitaire ponctuel important (un pic de pollution, une vague de chaleur) concentre sur quelques jours la mortalité prévisible à court ou moyen terme de sujets très fragiles au moment de cet événement [40,41]. L'existence et la taille de l'effet de moisson fait toujours l'objet de débats extrêmement vifs : la référence à l'effet de moisson est souvent vue comme un moyen

de minimiser l'importance du nombre de morts en l'expliquant par une simple anticipation : ceux qui sont morts étaient « destinés à mourir de toutes façons » dans les quelques jours qui suivaient l'événement.

Cet effet de moisson a été évoqué lors de la canicule d'août 2003 en France comme il le fut lors d'épisodes antérieurs de canicules dans d'autres villes (par exemple Chicago en 1995). On doit d'abord faire remarquer que le désastre sanitaire d'août 2003 ne peut pas être regardé uniquement quantitativement, en mesurant le nombre des morts, et pas plus en mesurant la durée de vie perdue (éventuellement courte) de ceux qui sont morts. Ce n'est pas seulement le nombre mais les circonstances de la mort dans l'isolement, dans des services d'urgences surchargés, etc., qui furent considérées comme scandaleuses. Peut-être telle personne était-elle dans un état tel que sa mort était déjà annoncée, y compris sans canicule. Mais pas cette mort-là ! Cette notion échappe aux modèles épidémiologiques.

Ceci étant clairement reconnu, on doit néanmoins évaluer s'il y a eu ou non « effet de moisson », quelle fut son intensité et quels furent les individus concernés. Le bon sens fait reconnaître que, bien entendu, si les personnes mortes au cours de la canicule n'étaient pas mortes, elles seraient mortes... plus tard. La question est de savoir quand. C'est l'estimation de la durée de vie perdue qui permettra de caractériser quantitativement l'effet de moisson. Cette durée n'est évidemment pas un jour, car un décalage d'une seule journée n'aurait pas d'effet sur les statistiques mensuelles. Cette durée est donc de l'ordre, au moins, du mois. Pour l'évaluer très simplement, nous avons utilisé les données publiques de mortalité fournies par l'INSEE dans son enquête « ville ». Grâce à un échantillon de 260 communes bien choisies, l'INSEE, utilisant à un modèle prédictif maintenant bien éprouvé, estime avec rapidité les nombres totaux de décès en France (données publiques disponibles en ligne <http://www.indices.insee.fr/>). Les données disponibles au moment de la rédaction de cet article allaient jusqu'en juin 2004. Nous avons donc comparé la mortalité observée en 2003/2004 (à partir d'août) à la mortalité moyenne des sept dernières années observées au cours des mêmes mois. Ce terme de référence que nous avons choisi (mortalité moyenne) pourrait être affiné pour tenir compte de l'évolution démographique et, surtout, de la présence des épidémies de grippe dont il a été montré qu'elles étaient



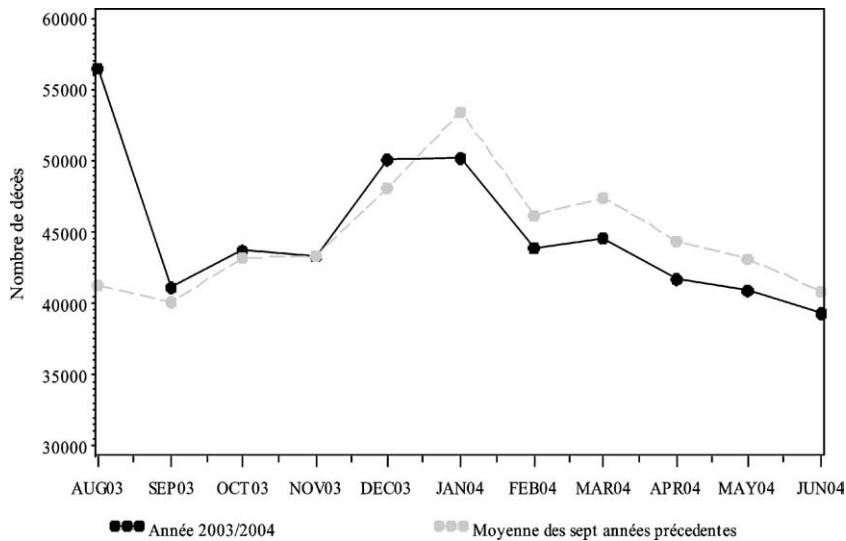


Fig. 6. Comparaison de la mortalité observée depuis août 2003 avec les mortalités moyennes mensuelles sur les sept années précédentes (données de l'enquête ville disponibles en ligne à partir de 1975, <http://www.indices.insee.fr/>).

un prédicteur très fort de la mortalité générale au cours des mois d'hiver [32]. Cependant cette méthode simple permet de fournir une première approximation sans doute raisonnable : en effet, notre système temps réel de surveillance des épidémies de grippe (<http://www.sentiweb.org>) démontre que l'épidémie 2003/2004 était très comparable à la moyenne des sept épidémies précédentes ; par conséquent on pouvait s'attendre en 2003–2004 à une mortalité totale comparable aux années précédentes [32]. Le résultat que nous obtenons est indiqué sur la Fig. 6 où on constate que les mortalités de septembre à décembre 2003 ont été extrêmement comparables à celles des années précédentes, mais que, à partir de janvier 2004, on observe, mois après mois, une sous mortalité. Au total, sur 6 mois la sous mortalité est de l'ordre de 14 000 morts. Ainsi peut-on formuler l'hypothèse que les personnes décédées en août 2003 étaient des personnes fragiles, pour une grande part candidates à décéder au cours du premier semestre de l'année 2004. De ces résultats préliminaires, fondés sur des données encore provisoires (mais récentes) avec une méthode simple (mais rapide), on déduirait que ce ne sont pas quelques jours de vie – ni même un ou deux mois – que la canicule a pris aux personnes décédées en août 2003, mais plutôt des durées de l'ordre de cinq à neuf mois. Notre hypothèse sur la « fragilité » des personnes décédées en août 2003 est renforcée par le résultat d'une étude

récente tout à fait remarquable publiée par la Caisse nationale d'assurance maladie (CNAMTS) [42] : dans cette étude, les consommations de soins des individus non institutionnalisés décédés en août 2003 (et relevant de ce système d'assurance maladie), soit 26 000 au total, ont été comparées à un groupe de témoins de même âge (mais non décédés en août 2003). On constate alors clairement (Fig. 7) que la consommation médicale des personnes décédées en août 2003 était déjà supérieure à celle de l'échantillon témoin plusieurs mois auparavant, ce qui signe leur fragilité. Il faut noter, de plus, que le groupe des personnes décédées en 2003 comprend à la fois celles qui sont décédées « naturellement » et celles qui sont décédées en plus du fait de la canicule. On peut donc penser que, s'il y avait eu moyen d'étudier seulement les personnes décédées en excès, les différences de consommation auraient été encore plus fortes, montrant encore mieux la fragilité de ce groupe.

## 5. Conclusion

Du point de vue de l'épidémiologiste, plusieurs leçons peuvent être tirées de l'étude de la canicule 2003, à la suite de celle des autres canicules.

- Il s'agit tout d'abord d'un exemple d'école de ce que D. Schwartz a appelé l'« épidémiologie prag-

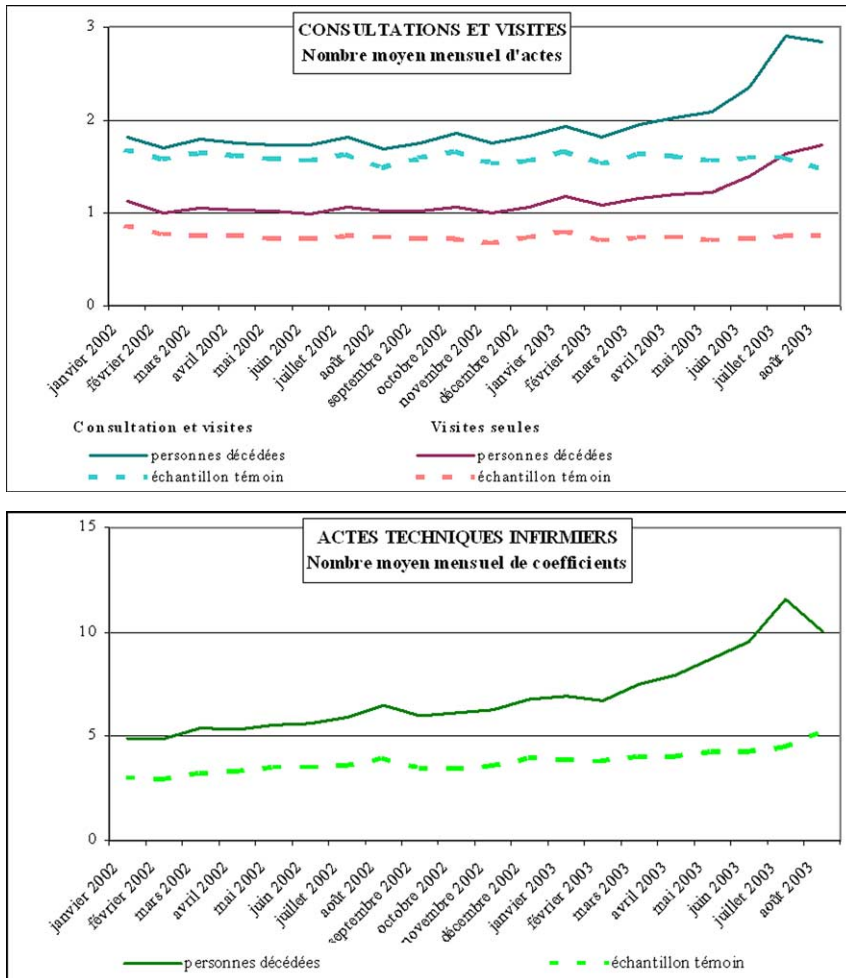


Fig. 7. Consommations médicales des personnes non institutionnalisées décédées en août 2003 et comparaison à un groupe témoin (in [42], reproduit avec l'autorisation de la direction des statistiques et des études de la CNAMTS). Les données de consommation de soins correspondent à des actes dispensés par des professionnels de santé libéraux (à des personnes ne résidant pas en institution) : consultations et visites de médecins et actes infirmiers. La consommation en soins de 23 258 personnes décédées en août 2003 (correspondant à environ 75 % des personnes de 70 ans ou plus affiliées au régime général décédées en août 2003) a pu être évaluée. L'échantillon témoin comprend 23 659 personnes.

matique», en la distinguant de l'«épidémiologie explicative» [43]. En effet, l'épidémiologie – ici – ne permet pas d'identifier des facteurs «causaux» biologiques ou médicaux expliquant la survenue d'une pathologie, ou son mauvais pronostic. D'autant moins, on l'a vu, que ni la cause (une vague de chaleur), ni l'effet (décès lié à la chaleur) ne sont clairement définis. Cependant, l'épidémiologie a identifié des facteurs de risque, sociaux, comportementaux ou environnementaux, qui – bien que n'ayant pas le statut scientifique de «causes» –

ont permis de guider des actions de prévention dont l'utilité est évaluable (faciliter l'accès à la climatisation, identifier les personnes âgées vivant seules dans un étage élevé, etc.). C'est donc l'aspect pragmatique de la démarche qui justifie le recours à l'épidémiologie dans ce cas, et non pas l'ambition de faire progresser la connaissance sur une pathologie.

- Ensuite, si on accepte de définir un mois avec surmortalité comme un mois dans lequel le nombre de morts excède de beaucoup le nombre de morts

observé le même mois, les années précédentes, on objective deux faits : le premier est qu'en effet, la surmortalité observée en août 2003 a été tout à fait exceptionnelle (ceci a été répété maintes fois depuis le premier rapport sur cette canicule) ; le second est que de telles surmortalités sont rencontrées couramment les mois d'hiver (certaines fois même plus importantes), en relation avec la présence d'épidémies de grippe, et touchant prioritairement les mêmes personnes fragiles, de grand âge avec de multiples pathologies. Il est prévisible que ces surmortalités de l'hiver, jusqu'ici bien acceptées (en tout cas n'ayant jamais fait l'objet d'émotion publique) seront un jour dénoncées comme vraisemblablement partiellement évitables. Il y a en tout cas là matière à réflexion pour les épidémiologistes et les sociologues de la santé.

- L'« effet de moisson » fut évoqué à propos de cette canicule, comme il l'a été à propos de la pollution atmosphérique. L'analyse des données existantes indique qu'il est plausible qu'il existe un *pool* de personnes âgées, fragiles, ayant depuis de longs mois une charge de traitements supérieure aux autres, et qui sont les premières victimes désignées lors d'une telle canicule, ou d'une épidémie de grippe. Cette interprétation rend compte des faits, alors qu'un « effet de moisson » sur quelques jours, voire un ou deux mois, n'en rend pas compte.
- La cause de la mort de ces personnes âgées, vraisemblablement multipathologiques, est sans doute mal documentée par le système linéaire « cause initiale → causes associées ou intermédiaires → cause immédiate », qui sous-tend la philosophie du recueil de l'information épidémiologique dans les certificats de décès, en France comme ailleurs dans le monde. Il y a là une véritable réflexion théorique à mener, d'autant plus que de plus en plus de décès se produisent à un âge avancé, où ce sont des « réseaux » de causes qu'il faudrait identifier, non pas une seule cause.
- Enfin, l'ensemble de cette expérience fait plaider pour un nécessaire renouveau de l'intérêt que les épidémiologistes doivent avoir pour l'activité de simple observation épidémiologique, laquelle nécessite la mise en place d'outils fiables, et pour la meilleure valorisation des bases de données descriptives de l'état de santé déjà existantes.

## Remerciements

Nous remercions Catherine Beaumel (Insee, Paris) pour son aide concernant l'accès aux données mensuelles de décès depuis 1946 ainsi que Jacques Vidal (UCLA, Los Angeles) pour ses remarques en général et son aide dans la rédaction du texte anglais. Nous remercions les équipes de l'Unité 170 de l'Inserm et du CÉPIDC – en particulier D. Hémon et E. Jouglu – pour la transmission des Figs. 1 et 3, ainsi que G. Pavillon, J. Clavel, V. Lassere pour l'iconographie de ces figures.

## Références

- [1] F. Lalande, S. Legrain, D. Meyniel, A.-J. Valleron, Mission d'expertise et d'évaluation du système de santé pendant la canicule 2003, ministère de la Santé, de la Famille et des Personnes handicapées, Paris, 2003, <http://lesrapports.ladocumentationfrancaise.fr/BRP/034000558/0000.pdf>.
- [2] D. Hémon, E. Jouglu, Surmortalité liée à la canicule d'août 2003. Rapport d'étape (1/3). Estimation de la surmortalité et principales caractéristiques épidémiologiques, Inserm, Paris, 2003, [http://www.sante.gouv.fr/htm/actu/surmort\\_canicule/rapport\\_complet.pdf](http://www.sante.gouv.fr/htm/actu/surmort_canicule/rapport_complet.pdf).
- [3] Impact sanitaire de la vague de chaleur en France survenue en août 2003. Rapport d'étape, INVS, Paris, 2003, [http://www.invs.sante.fr/publications/2003/chaleur\\_aout\\_2003/rap\\_chaleur\\_290803.pdf](http://www.invs.sante.fr/publications/2003/chaleur_aout_2003/rap_chaleur_290803.pdf).
- [4] Impact sanitaire de la vague de chaleur d'août 2003 en France. Bilan et Perspectives, INVS, Paris, 2003, [http://www.invs.sante.fr/publications/2003/bilan\\_chaleur\\_1103/vf\\_invs\\_canicule.pdf](http://www.invs.sante.fr/publications/2003/bilan_chaleur_1103/vf_invs_canicule.pdf).
- [5] F. d'Aubert, Rapport fait au nom de la commission d'enquête sur les conséquences sanitaires et sociales de la canicule. Rapport n° 1455, Assemblée nationale, Paris, 2004, <http://www.assemblee-nat.fr/12/rap-enq/r1455-t1.asp>.
- [6] V. Létard, H. Flandre, S. Lepeltier, La France et les Français face à la canicule : les leçons d'une crise. Rapport d'information n° 195, Sénat, Paris, 2004, <http://www.senat.fr/rap/r03-195/r03-195.html>.
- [7] Système d'alerte canicule et santé 2004, INVS, Paris, 2004, [http://www.invs.sante.fr/publications/2004/syst\\_alerte\\_canicule/rapport\\_SACS\\_2004.pdf](http://www.invs.sante.fr/publications/2004/syst_alerte_canicule/rapport_SACS_2004.pdf).
- [8] J. Levick, Remarks on Sunstroke, *Am. J. Med. Sci.* 37 (1859) 56–57.
- [9] P. Escourrou, Chaleur et mortalité, *Bull. Sect. Geogr.* 83 (1978) 59–73.
- [10] X. Thirion, J. Simonet, F. Serradimigni, N. Dalmas, R. Simonin, S. Morange, R. Sambuc, J.-S. Marco, La vague de chaleur de juillet 1983 à Marseille. Enquête sur la surmortalité – essai de prévention, *Santé publique* 1 (1992) 58–64.

- [11] W.B. Applegate, J.W. Runyan Jr., L. Brasfield, M.L. Williams, C. Konigsberg, C. Fouche, Analysis of the 1980 heat wave in Memphis, *J. Am. Geriatr. Soc.* 29 (8) (1981) 337–342.
- [12] T.S. Jones, A.P. Liang, E.M. Kilbourne, M.R. Griffin, P.A. Patriarca, S.G. Wassilak, R.J. Mullan, R.F. Herrick, H.D. Donnell Jr., K. Choi, S.B. Thacker, Morbidity and mortality associated with the July 1980 heat wave in St Louis and Kansas City, MO, *JAMA* 247 (24) (1982) 3327–3331.
- [13] J.C. Semenza, C.H. Rubin, K.H. Falter, J.D. Selanikio, W.D. Flanders, H.L. Howe, J.L. Wilhelm, Heat-related deaths during the July 1995 heat wave in Chicago, *N. Engl. J. Med.* 335 (2) (1996) 84–90.
- [14] E. Klinenberg, *Heat wave: a social autopsy of a disaster in Chicago*, University of Chicago Press, Chicago, 2002.
- [15] K. Katsouyanni, D. Trichopoulos, X. Zavitsanos, G. Touloumi, The 1987 Athens heatwave, *Lancet* 332 (8610) (1988) 573.
- [16] F. Sartor, R. Snacken, C. Demuth, D. Walckiers, Temperature, ambient ozone levels, and mortality during summer 1994, in Belgium, *Environ. Res.* 70 (2) (1995) 105–113.
- [17] F. Sartor, C. Demuth, R. Snacken, D. Walckiers, Mortality in the elderly and ambient ozone concentration during the hot summer, 1994, in Belgium, *Environ. Res.* 72 (2) (1997) 109–117.
- [18] C. Rooney, A.J. McMichael, R.S. Kovats, M.P. Coleman, Excess mortality in England and Wales, and in Greater London, during the 1995 heatwave, *J. Epidemiol. Community Health* 52 (8) (1998) 482–486.
- [19] R. Basu, J.-M. Samet, Relation between elevated ambient temperature and mortality: a review of the epidemiologic evidence, *Epidemiol. Rev.* 24 (2) (2002) 190–202.
- [20] J. Besancenot, Vagues de chaleur et mortalité dans les grandes agglomérations urbaines, *Environnement, Risques et Santé* 1 (4) (2002) 229–240.
- [21] S. Whitman, G. Good, E.R. Donoghue, N. Benbow, W. Shou, S. Mou, Mortality in Chicago attributed to the July 1995 heat wave, *Am. J. Public Health* 87 (9) (1997) 1515–1518.
- [22] J. Diaz, R. Garcia, F. Velazquez de Castro, E. Hernandez, C. Lopez, A. Otero, Effects of extremely hot days on people older than 65 years in Seville (Spain) from 1986 to 1997, *Int. J. Biometeorol.* 46 (3) (2002) 145–149.
- [23] E.M. Kilbourne, K. Choi, T.S. Jones, S.B. Thacker, Risk factors for heatstroke. A case-control study, *JAMA* 247 (24) (1982) 3332–3336.
- [24] R. Kaiser, C.H. Rubin, A.K. Henderson, M.I. Wolfe, S. Kieszak, C.L. Parrott, M. Adcock, Heat-related death and mental illness during the 1999 Cincinnati heat wave, *Am. J. Forensic Med. Pathol.* 22 (3) (2001) 303–307.
- [25] M.P. Naughton, A. Henderson, M.C. Mirabelli, R. Kaiser, J.L. Wilhelm, S.M. Kieszak, C.H. Rubin, M.A. McGeehin, Heat-related mortality during a 1999 heat wave in Chicago, *Am. J. Prev. Med.* 22 (4) (2002) 221–227.
- [26] M.G. Weisskopf, H.A. Anderson, S. Foldy, L.P. Hanrahan, K. Blair, T.J. Torok, P.D. Rumm, Heat wave morbidity and mortality, Milwaukee, Wis, 1999 vs 1995: an improved response?, *Am. J. Public Health* 92 (5) (2002) 830–833.
- [27] CDC, Heat-wave-related mortality – Milwaukee, Wisconsin, July 1995, *MMWR Morb. Mortal. Wkly Rep.* 45 (24) (1996) 505–507.
- [28] A. Haines, J.A. Patz, Health effects of climate change, *JAMA* 291 (1) (2004) 99–103.
- [29] A.E. Kunst, C.W. Looman, J.P. Mackenbach, Outdoor air temperature and mortality in The Netherlands: a time-series analysis, *Am. J. Epidemiol.* 137 (3) (1993) 331–341.
- [30] J.-M. Samet, F. Dominici, F.C. Curriero, I. Coursac, S.L. Zeger, Fine particulate air pollution and mortality in 20 US cities, 1987–1994, *N. Engl. J. Med.* 343 (24) (2000) 1742–1749.
- [31] N. Kunzli, S. Medina, R. Kaiser, P. Quenel, F. Horak Jr., M. Studnicka, Assessment of deaths attributable to air pollution: should we use risk estimates based on time series or on cohort studies?, *Am. J. Epidemiol.* 153 (11) (2001) 1050–1055.
- [32] L. Simonsen, M.J. Clarke, G.D. Williamson, D.F. Stroup, N.H. Arden, L.B. Schonberger, The impact of influenza epidemics on mortality: introducing a severity index, *Am. J. Public Health* 87 (12) (1997) 1944–1950.
- [33] G.A. Meehl, C. Tebaldi, More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century, *Science* 305 (5686) (2004) 994–997.
- [34] A. Bouchama, J.P. Knochel, Heat stroke, *N. Engl. J. Med.* 346 (25) (2002) 1978–1988.
- [35] E.R. Donoghue, M.A. Graham, J.M. Jentzen, B.D. Lifshultz, J.L. Luke, H.G. Mirchandani, Criteria for the diagnosis of heat-related deaths. National Association of Medical Examiners. Position paper. National Association of Medical Examiners Ad Hoc Committee on the Definition of Heat-Related Fatalities, *Am. J. Forensic Med. Pathol.* 18 (1) (1997) 11–14.
- [36] F.P. Ellis, F. Nelson, L. Pincus, Mortality during heat waves in New York City July, 1972 and August and September, 1973, *Environ. Res.* 10 (1) (1975) 1–13.
- [37] CDC, Heat-related mortality – Chicago, July 1995, *MMWR Morb. Mortal. Wkly Rep.* 44 (31) (1995) 577–579.
- [38] T. Shen, H.L. Howe, C. Alo, R.L. Moolenaar, Toward a broader definition of heat-related death: comparison of mortality estimates from medical examiners' classification with those from total death differentials during the July 1995 heat wave in Chicago, Illinois, *Am. J. Forensic Med. Pathol.* 19 (2) (1998) 113–118.
- [39] A. Valleron, G. Pavillon, F. Carrat, A systematic analysis of all ICD 10 coded death certificates in France, 2000, with a mention of influenza as cause of death, *Int. Congr. Ser.* 1263 (2004) 299–303.
- [40] J. Schwartz, Harvesting and long-term exposure effects in the relation between air pollution and mortality, *Am. J. Epidemiol.* 151 (5) (2000) 440–448.
- [41] S.L. Zeger, F. Dominici, J. Samet, Harvesting-resistant estimates of air pollution effects on mortality, *Epidemiology* 10 (2) (1999) 171–175.
- [42] CNAMTS, Des tendances de fond aux mouvements de court terme, *Point de conjoncture* 23 (2004) 18–42.
- [43] D. Schwartz, Connaissance ou décision : attitude explicative ou attitude pragmatique, *Journal de la Société Statistique de Paris* 135 (2) (1994) 1–18.